

PARAMETER FOKUS OPTIS PADA SISTEM AKUISISI CITRA (Optical Focusing Parameters In An Image Acquisition System)

Thomas Sri Widodo*

ABSTRACT

One of the problems of obtaining an image of high quality is the availability of an acquisition system with autofocus control in it's optical system. There are some optical focusing parameters which can be used to control the positions of optical lenses to get an image with the best quality. These parameters however present some weakness in searching the optimal point during the lenses position control. The weakness are in computation speed and the presence of a local maximum at it's parameter curve.

This research is intended to develop an optical focusing parameter that can be used to increase the speed and to avoid the local maximum This parameter is based on two dimensional Fourier transform approach.

The image data are captured with an adjustable focus camera with a resolution of 320x240 and the parameters are computed using Pentium 4 computer. The results show that the parameter computation speed is increased by a factor of about seven and the local maximum is canceled.

Keywords : focusing parameters, Fourier transform, optical transfer function

PENDAHULUAN

Dalam sistem pencitraan , peralatan akuisisi citra merupakan bagian yang penting untuk memperoleh citra yang berkualitas tinggi. Peralatan akuisisi citra terdiri atas sistem optis pembentuk citra, sensor optis , dan untai elektronis untuk pengkondisi dan pendigital citra. Sistem optis terdiri atas lensa obyektif yang mengkonversi obyek di depan lensa menjadi citra riil terbalik pada permukaan sensor optis.

Kualitas citra yang dihasilkan oleh sistem optis dipengaruhi oleh antara lain posisi lensa obyektif terhadap citra. Bila posisi lensa obyektif tidak memenuhi relasi Descartes, maka citra yang dihasilkan akan menjadi kabur karena obyek titik tidak menghasilkan citra titik Keadaan ini disebut defokus. Maka diperlukan parameter pemfokusan optis untuk mengatur posisi lensa obyektif. Nilai parameter ini harus maksimum bila posisi lensa obyektif telah memenuhi relasi Descartes tersebut.

Dalam penelitian ini akan dicari parameter pemfokusan optis yang efisien yang dievaluasi menurut kecepatan komputasinya dan tidak menimbulkan keraguan (maksima lokal) dalam pencarian maksima pada kurve parameter.

KEASLIAN PENELITIAN

Penelitian sebelumnya mengenai parameter pemfokusan optis pernah dilakukan oleh Widodo (1985) dengan menggunakan dua parameter yaitu parameter A, dan B. Kedua parameter tersebut memerlukan waktu komputasi yang relatif lama dan kadang memunculkan maksima lokal pada pencarian titik maksima pada kurve parameter. Pada penelitian

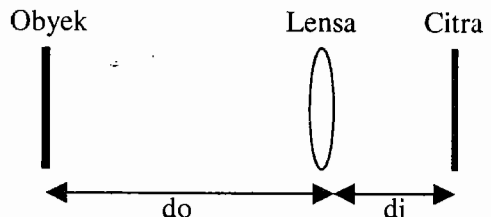
ini digunakan metode transformasi Fourier dua-dimensi untuk mentransformasikan citra dari kawasan spasial ke kawasan frekuensi-spasial. Dalam kawasan frekuensi-spasial, citra yang berkontras tinggi (citra yang terfokus) akan menghasilkan komponen frekuensi tinggi yang besar dibandingkan citra yang kabur akibat defokus optis.

LANDASAN TEORI

Suatu sistem optis yang terdiri atas lensa konvergen, obyek dan citra seperti terlihat pada Gambar 1. Suatu sumber titik pada bidang obyek akan menghasilkan citra bintang kecil pada pusat bidang citra bila citra terfokus, yaitu bila relasi Descartes berikut terpenuhi:

$$1/d_o + 1/d_i = 1/f \quad (1)$$

dengan d_o , d_i , dan f masing-masing jarak obyek, jarak citra, dan panjang fokus. Citra bintang yang dihasilkan oleh sumber titik merupakan tanggapan impuls atau *point spread function* (psf) sistem optis. Citra suatu obyek merupakan penjumlahan bintang yang terdistribusi spasial. Hal ini berarti bahwa citra merupakan konvolusi antara obyek dan psf sistem.



Gambar 1. Sistem optis dalam pencitraan.

*Dr.Ir. Thomas Sri Widodo DEA, Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro FT UGM

Distribusi spasial transmitans dari bukaan lensa disebut fungsi pupil. Untuk bukaan melingkar dengan diameter a maka fungsi pupilnya pada titik (x_a, y_a) adalah (Proakis, 1987):

$$p(x_a, y_a) = \Pi\left(\frac{\sqrt{x_a^2 + y_a^2}}{a}\right) \quad (2)$$

Terdapat tiga jenis iluminasi yaitu monokromatis, koheren, dan inkoheren. Iluminasi monokromatis adalah bila obyek merupakan distribusi sumber titik berfrekuensi temporal yang sama. Bila semua sumber titik memiliki relasi fase yang tetap maka disebut koheren. Bila tidak maka disebut inkoheren.

Dengan menggunakan prinsip Huygens-Fresnel dapat dibuktikan bahwa psf koheren merupakan transformasi Fourier dua dimensi fungsi pupil. Fungsi transfer koheren sistem optis merupakan transformasi Fourier psf koheren yang tidak lain adalah fungsi pupil. Fungsi transfer koheren tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

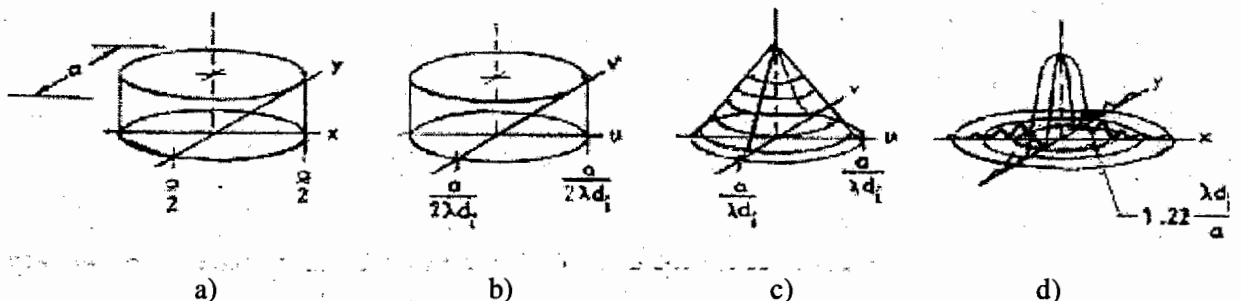
$$H(u, v) = p(-\lambda d_i u, -\lambda d_i v) \quad (3)$$

Untuk iluminasi inkoheren, maka yang ditinjau adalah intensitas citra P_i .

$$P_i(x_i, y_i) = \varepsilon \{ I_i(x_i, y_i) I_i^*(x_i, y_i) \} \quad (4)$$

dengan ε adalah rerata waktu pada periode yang relatif lama dibandingkan dengan periode vibrasi sumber cahaya.

Karena psf koheren merupakan transformasi Fourier fungsi pupil, maka psf inkoheren merupakan spektrum daya fungsi pupil. Transformasi Fourier ternormalisasi psf inkoheren disebut Fungsi Transfer Optis (Optical Transfer Function, OTF) (Gambar 2).

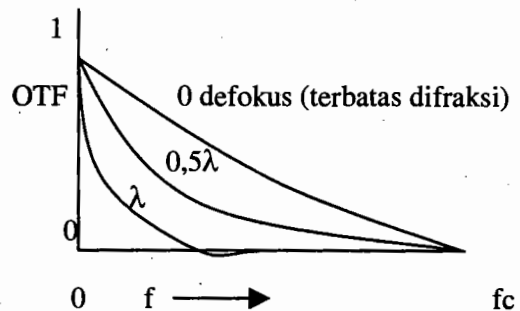


Gambar 2. Sifat optis bukaan melingkar (Goodman, 1980)

a) Fungsi pupil. b) Fungsi transfer koheren. c) Fungsi transfer optis. d) psf inkoheren

KUALITAS CITRA

Ada dua faktor yang mempengaruhi kualitas citra sistem optis, yaitu efek difraksi dan aberasi. Difraksi disebabkan oleh sifat gelombang cahaya. Sedangkan aberasi disebabkan oleh bentuk desain lensa dan efek defokus yang mengakibatkan terjadinya perbedaan lintasan antara sinar aksial dan sinar marginal. yang jatuh pada bidang citra Gambar 3 menunjukkan efek defokus pada OTF.



Gambar 3. Efek defokus untuk beberapa beda lintasan (dalam satuan panjang gelombang) antara sinar aksial dan marginal (Goodman, 1980)

CARA PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan kamera DVC-V6+ USB Video Capture Kit dengan resolusi 320x240 dan komputer Pentium 4.

Data citra diperoleh untuk beberapa posisi lensa obyektif yang diperoleh dengan memutar *focus nob*. Untuk setiap posisi lensa obyektif, nilai parameter fokus optis dihitung untuk mencari nilai maksimum kurve parameter yang sesuai dengan keadaan sistem yang terfokus.

PARAMETER FOKUS OPTIS

Ada tiga parameter yang akan dibandingkan yaitu parameter p_1 , p_2 , dan p_3 . Parameter p_1 dan p_2 adalah sebenarnya parameter A dan B pada penelitian sebelumnya. Sedangkan parameter p_3 adalah parameter baru yang diteliti.

Definisi ketiga parameter tersebut untuk citra berukuran $L \times C$ (L baris dan C kolom) adalah sebagai berikut :

Parameter p_1 adalah nilai akar kuadrat rerata bedaan piksel pada seluruh citra .

$$p_1 = \sqrt{\frac{1}{LC} \sum_{j=1}^C \sum_{i=1}^L (x_{ij} - x_{i-1,j})^2} \quad (5)$$

Parameter p_2 adalah nilai rerata bedaan mutlak piksel pada seluruh citra

$$p_2 = \frac{1}{LC} \sum_{j=1}^C \sum_{i=1}^L |x_{ij} - x_{i-1,j}| \quad (6)$$

Parameter p_3 diperoleh dari transformasi Fourier diskrit (DFT) dua dimensi citra, dengan mengambil komponen frekuensi tinggi magnitude spektrum citra. DFT citra adalah (Gonzalez,1987):

$$X_{u,v} = \left| \sum_{m=0}^{L-1} \sum_{n=0}^{C-1} x_{m,n} \exp(-j2\pi nu/C) \right\} \times \left\{ \exp(-j2\pi mv/L) \right\}$$

dengan u,v adalah frekuensi spasial dari elemen kolom dan baris citra.

Maka parameter p_3 dipilih dengan mengambil $L/4$ dan $C/4$ titik frekuensi tinggi yang merupakan bagian frekuensi tinggi dari separoh lebar-bidang (band width). Karena lebar-bidang frekuensi adalah:

$$0 \leq u \leq C/2 \quad \text{dan}$$

$$0 \leq v \leq L/2$$

maka paramet p_3 didefinisikan sebagai berikut :

$$p_3 = X_{u,v}, \text{ dengan } C/4 \leq u \leq C/2 \quad \text{dan} \quad L/4 \leq v \leq L/2 \quad (7)$$

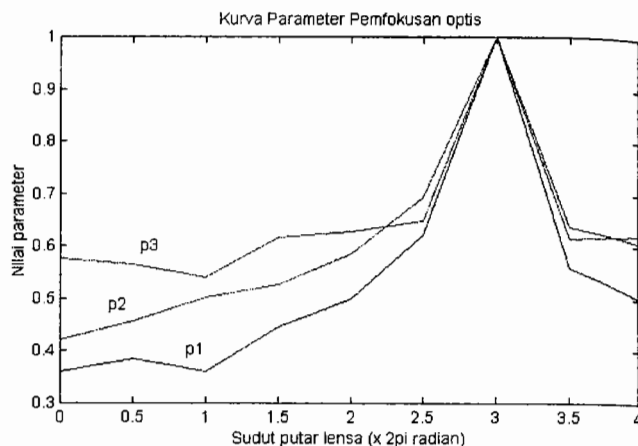
Dalam penelitian ini operasi DFT dilakukan dengan algoritma cepat *FastFourier Transform* (FFT).

HASIL PENELITIAN

Dalam penelitian ini, sebagai obyek digunakan obyek wajah yang diambil citranya pada jarak kira-kira 75 cm dari lensa obyektif. Posisi awal lensa obyektif diperoleh dengan memutar *focus nob* kamera searah jarum jam sampai maksimum. Posisi awal ini disebut posisi sudut 0 radian. Pengambilan citra dilakukan setiap $\frac{1}{2} \pi$ radian hingga 8π radian dengan

memutar *focus nob* berlawanan arah jarum jam. Ketiga parameter dihitung untuk setiap posisi lensa dan kemudian dibandingkan dengan menggambarkan kurve parameter ternormalisasi sebagai fungsi posisi seperti terlihat pada Gambar 4.

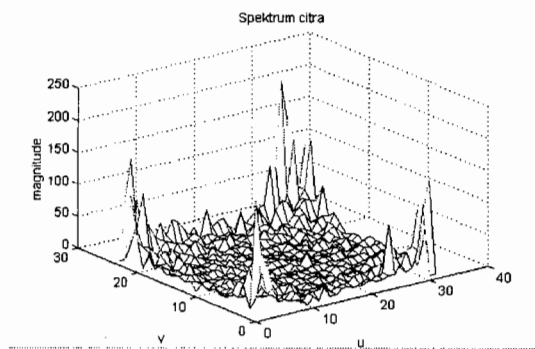
Dari gambar tersebut terlihat bahwa nilai ketiga parameter tersebut naik dari posisi 0 radian dan mencapai maksimum pada posisi 6π radian. Setelah melewati posisi tersebut, nilai parameter turun hingga posisi 8π radian.



Gambar 4. Nilai ketiga parameter ternormalisasi sebagai fungsi posisi lensa obyektif



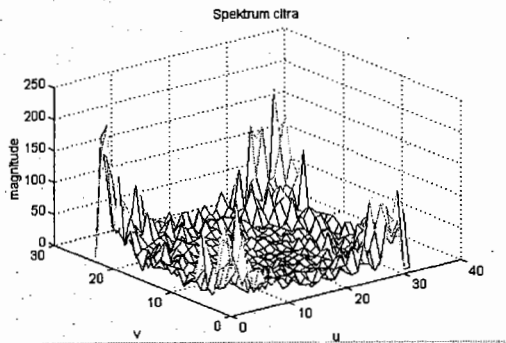
Gambar 5. Citra pada posisi lensa obyektif 5π radian (kurang fokus)



Gambar 6. Spektrum citra pada posisi lensa 5π radian (kurang fokus) (skala frekuensi $u,v \times 10$)



Gambar 7. Citra pada posisi lensa obyektif 6π radian (paling fokus)



Gambar 8. Spektrum citra pada posisi lensa 6π radian (paling fokus) (skala frekuensi $u, v \times 10$)

Kurve nilai parameter p_1 paling curam dibandingkan dengan dua parameter yang lain, tetapi terdapat minima lokal pada posisi lensa obyektif π radian. Hal ini mengakibatkan pencarian maksima global dapat terjebak pada maksima lokal ini

Sedangkan untuk parameter p_3 menunjukkan penurunan kurve pada posisi lensa 2π radian, tetapi hal ini dapat diatasi dengan algoritma pencarian maksima global yang mengabaikan minima tersebut pada awal pencarian. Lereng kurve parameter p_3 juga memiliki kecuraman yang hampir sama dengan parameter p_1 di dekat puncak kurve di titik 6π radian.

Waktu yang diperlukan untuk komputasi ketiga parameter dihitung dengan memanfaatkan instruksi Matlab `tic` dan `toc` pada awal dan akhir program komputasi parameter. Waktu yang diperlukan untuk menghitung ketiga parameter tersebut adalah:

p_1 : 0,550 - 0,710 detik

p_2 : 0,500 - 0,720 detik

p_3 : 0,110 detik

Terlihat bahwa komputasi parameter p_3 paling cepat dibandingkan dengan kedua parameter yang lain, meskipun cacah titik frekuensi mencakup separuh lebar-bidang pada daerah frekuensi tinggi. Kecepatan komputasi ini kira-kira tujuh kali lebih tinggi karena memanfaatkan metode FFT dalam memperoleh spektrum.

Gambar 5 dan 6 menunjukkan citra dan spektrum frekuensi untuk posisi lensa 5π radian, sedangkan Gambar 7 dan 8 untuk posisi lensa 6π radian. Pada posisi 6π radian terlihat bahwa kontras citra lebih besar dibandingkan dengan kontras pada posisi 5π radian. Karena lensa dalam keadaan lebih fokus. Sedangkan spektrum citra pada posisi lensa 6π radian menunjukkan bahwa nilai komponen frekuensi tinggi lebih besar dibandingkan pada posisi 5π radian.

KESIMPULAN

Dengan membandingkan ketiga parameter tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter p_3 adalah paling efisien karena komputasinya paling cepat untuk pengaturan fokus lensa obyektif secara *real time*.
2. Lereng kurve parameter p_3 juga cukup curam didekat puncak kurva, sehingga pencarian titik maksima global lebih mudah dengan adanya titik minima atau bahkan maksima lokal yang umumnya mempunyai lereng yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Goodman, J. W., 1980, *Introduction a l'optique de Fourier et a l'holographie*.
- Widodo, Th. Sri, 1985, Etude des Parametres de mise au point optique d'un systeme d'acquisition d'images, *Tesis DEA Elektronik*, ENSERG, INPG
- Gonzalez, R. C., 1987, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company.
- Gagliardi R, M., Karp S., 1995, *Optical Communications*, Jhon Wiley & Sons, Inc. New York.